

ISOLASI SILIKA DARI TONGKOL JAGUNG

PENELITIAN



OLEH :

LUANA ERVIANA

0931010053

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAWA TIMUR

SURABAYA

2013

YAYASAN KEJUANGAN PANGLIMA BESAR SUDIRMAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA

KETERANGAN REVISI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : LUANA ERVIANA

NPM : 0931010053


Jurusan : Teknik Kimia

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi *) Proposal / Skripsi / Kerja Praktek, dengan judul:

“ ISOLASI SILKA DARI TONGKOL JAGUNG “

Surabaya, Januari 2013

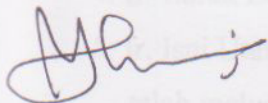
Dosen penguji yang memerintahkan revisi :

1. Ir. Luluk Edahwati, MT ()

2. Ir. Ketut Sumada, MS ()

Mengetahui :

Dosen Pembimbing



Ir. Isni Utami, MT

NIP : 19591007 198703 2 001

Telah mengerjakan revisi sesuai dengan yang diperintahkan.

LEMBAR PENGESAHAN

ISOLASI SILIKA DARI TONGKOL JAGUNG

Disusun Oleh :

LUANA ERVIANA

0931010053

Telah Dipertahankan Di hadapan
Dan Diterima Oleh Tim Penguji
Pada Tanggal : 04 Desember 2012

Tim Penguji :

1.


Ir. Ketut Sumada, MS

NIP. 19620118 198803 1 001

2.


Ir. Luluk Edahwati, MT

NIP. 19640611 199203 2 001

Pembimbing :



Ir. Isn't Utami, MT

NIP. 19590710 198703 2 001

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Surabaya



Ir. Sutyono, MT

NIP. 19600713 198703 1 001



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Segala Puja dan Puji syukur kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayat-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan laporan hasil penelitian ini tanpa adanya hambatan apapun, meskipun terdapat keterlambatan dalam penyusunan laporan hasil penelitian.

Pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan hasil penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat pemenuhan mata kuliah yang ada di Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Dengan adanya pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dalam pengenalan energi alternatif khususnya briket yang sesungguhnya, dan dapat bermanfaat bagi kami sebagai penyusun pada khususnya dan semua pihak yang telah membaca pada umumnya.

Selama penyusunan laporan hasil penelitian ini, penulis telah banyak memperoleh bantuan, bimbingan dan saran yang berguna dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kesempatan ini penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sutiyono, MT., selaku Dekan di Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur Surabaya
2. Ibu Ir. Retno Dewati, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur Surabaya.
3. Ir. Ketut Sumada, MS, selaku Dosen Penguji I
4. Ir. Luluk Edahwati, MT., selaku Dosen Penguji II
5. Ir. Isnι Utami, MT, selaku Dosen Pembimbing Penelitian yang penuh kesabaran telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan masukan – masukan dan pencerahan dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Bapak, Ibu, Saudara tercinta yang telah memberikan dorongan, doa dan restu serta semangat demi keberhasilan studi.

Isolasi Silika Dari Tongkol Jagung



KATA PENGANTAR

7. Rekan – rekan serta semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa laporan hasil penelitian yang kami susun ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak atas adanya kekurangan laporan hasil Penelitian ini demi kesempurnaannya nanti.

Demikian kata pengantar dari penyusun dan semoga laporan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua. Amin.

Surabaya, Januari 2013

Penyusun



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Intisari	ii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Tujuan	2
I.3. Manfaat	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1. Tinjauan Umum	3
II.1.1. Jagung	3
II.1.2. Silika	4
II.1.3. Asam Klorida	8
II.1.4. Asam Bromida	8
II.2. Landasan Teori	9
II.3. Hipotesa	11
BAB III. METODE PENELITIAN	12
III.1. Bahan Yang Digunakan	12
III.2. Alat Yang Digunakan	12
III.3. Kondisi yang Diharapkan dan variabel	12
III.4. Prosedur Penelitian	12
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
IV.1. Hasil Analisa Bahan Baku	15
IV.2. Hasil Proses Produksi silika Dari Tongkol Jagung	16
IV.3. Pengaruh Berat abu Setelah Leaching	21



DAFTAR ISI

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	22
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIX	



INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kadar Silika yang murni dapat dibuat dari berbagai macam bahan yang mengandung silika yang cukup salah satu contohnya adalah limbah Tongkol jagung . Limbah tongkol jagung ini mengalami proses pembakaran pada *furnace* yang selanjutnya abu dari pembakaran tersebut di murnikan dengan menggunakan proses *leaching* .

Limbah tongkol jagung sebelumnya dikeringkan kemudian di potong-potong secara seragam. Setelah itu dibakar dalam *furnace* dengan suhu 6500C selam 60 menit. Kemudian abu putih yang dihasilkan dari proses pembakaran di murnikan. Pemurnian abu silika tersebut dilakukan dengan metode leaching. Metode ini dailkakukan dengan pemilihan factor jenis solven yaitu HCl dan HBr. Pemurnian ini dilakukan dengan melarutkan abu silika ke dalam masing-masing pelarut dengan rentang konsentrasi 0,5 N sampai 2,5 N pada volume pelarut 250ml.

Persentase peningkatan kadar silika tertinggi yaitu pada pelarut HBr dengan kondisi konsentrasi 2 N , volume larutan 250 ml dan suhu pembakaran pada furnace 650⁰C mencapai 9,3 %. Sedangkan Kadar impiuritis yang paling banyak penyusutannya yaitu berurutan mulai CaO, P₂O₅, dan K₂O masing-masing 9,68%, 2,43% dan 1,44 % untuk pelarut HCl. Sedangkan untuk pelarut HBr Kadar impiuritis yang paling banyak penyusutannya yaitu berurutan mulai CaO, K₂O, dan P₂O₅ masing-masing dan 19,78%, 6,78%, dan 4,25%.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Silika merupakan unsur kedua terbesar di kerak bumi, dan sebagian besar Silika terdapat di dalam tanah. Dengan demikian, semua jaringan akar tanaman dalam tanah mengandung Silika. Secara universal unsur ini belum banyak mendapat perhatian. Kandungan Silika dalam tanah dianggap berlimpah untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Kandungan silika yang terbesar terdapat pada tanaman dari family gramineae seperti Padi, Tebu dan Jagung (Balai Penelitian Tanah).

Silika pada tanaman mempunyai sifat tahan panas sehingga dimanfaatkan sebagai insulator (Chemicool, 2012). Silika juga merupakan bahan utama pembuatan gelas. Pemanfaatan silika mengalami perkembangan pesat dalam tahun terakhir ini. Sel surya menggunakan semikonduktor sebagai komponen utama dalam proses konversi energi matahari menjadi energi listrik. Energi matahari merupakan sumber energi yang paling menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan (*sustainable*) serta jumlahnya yang sangat besar. Saat ini permasalahan energi menjadi semakin kompleks, mengingat kebutuhan energi yang meningkat tetapi persediaan cadangan energi menjadi semakin sedikit. Sehingga, matahari merupakan sumber energi yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan kebutuhan energi masa depan (Yuliarto, 2011). Dalam upaya untuk menjadikan energi surya sebagai pembangkit tenaga listrik, negara-negara maju berlomba mengembangkan sel surya agar dapat dihasilkan teknologi pembuatan sel surya yang berharga ekonomis. berdasarkan informasi tersebut, tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai sumber silika yang berguna untuk sumber energi masa depan.

Jagung merupakan salah satu jenis makanan pokok bagi sebagian masyarakat di Indonesia, selain itu dalam industri banyak digunakan sebagai

bahan baku tepung maizena,minyak dan lain-lain. Pemakaian jagung dalam skala besar akan menghasilkan limbah yaitu berupa tongkol jagung, yang belum dimanfaatkan secara optimal . Berdasarkan data perhitungan dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2009, diketahui bahwa paling tidak sebanyak 6.811.642 ton tongkol jagung akan menjadi limbah. Pemanfaatan tongkol jagung diharapkan dapat mengurangi limbah lingkungan, baik limbah fisik yang merusak pemandangan maupun limbah polutan udara.

Komposisi senyawa kimia tongkol jagung secara umum ialah air 10,9% ; selulosa 36,48 % ; hemiselulosa 28,86% ; lignin 3,16 % ; silika 20,6 % (Agustin,1995). Berdasarkan data komposisi senyawa kimia tersebut, meskipun selulosa dan hemiselulosa lebih dominan presentase nya , akan tetapi pada penelitian kami ini lebih mengutamakan kandungan silikanya. hal ini dikarenakan masih belum banyak yang memanfaatkan kandungan silikanya, padahal silika ini juga dapat digunakan sebagai teknologi energy terbarukan yaitu tenaga sel surya..

Metode yang digunakan dalam penelitian isolasi silika dari tongkol jagung ini sama seperti metode yang digunakan pada penelitian isolasi silika pada umumnya yaitu leaching, tetapi kondisi proses yang digunakan lebih bervariasi.

1. 2 Tujuan Penelitian

Untuk mengisolasi silika dari tongkol jagung melalui proses leaching dengan mencari kondisi terbaik proses yaitu pemilihan jenis solven antara HCl dan HBr.

1. 3 Manfaat Penelitian

Untuk mendapatkan silika maksimal dengan memanfaatkan limbah tongkol jagung sehingga mempunyai nilai ekonomis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Secara Umum

II.1.1 Jagung

Jagung dengan nama latin *Zea mays* merupakan tanaman lunak dan termasuk family rumput-rumputan (Graminae). Tanaman ini dapat dihasilkan dari tanah setengah kering atau gersang , dimana curah hujan pertahunnya tidak melebihi 10 inchi (25 cm), tetapi dapat juga tumbuh pada daerah-daerah tropis yang curah hujannya berlebih di Indonesia. (Considen , D.M.1982)

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (biji maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari bulir), dibuat tepung (dari bulir, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung bulir dan tepung tongkolnya).

Tongkol jagung merupakan tempat pembentukan lembaga dan gudang penyimpanan makanan. Umumnya, jagung mengandung kurang lebih 30 % tongkol jagung (Koswara, 1991). Tongkol berkembang pada ruas-ruas. Tongkol utama umumnya terdapat pada ruas batang keenam sampai kedelapan dari atas. Ruas-ruas di bawah biasanya terdapat 5-7 tongkol yang berkembang secara tidak sempurna . Kandungan senyawa kimia pada tanaman jagung

tergantung pada umur dan tingkat perkembangan, kondisi fisik dan kimia tanah, kelembapan iklim dan populasi tanaman. Kandungan senyawa kimia tongkol jagung secara umum mengandung banyak serat kasar yang berupa selulosa, hemiselulosa, lignin, dan silika.

II.1.2 Silika

Unsur hara esensial maupun non esensial banyak di temukan dalam suatu tanaman . Tanaman biasanya selain menyerap unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan dan perkembangannya, juga menyerap unsur yang tidak diperlukan untuk pertumbuhannya . Selain hara esensial, terdapat juga hara non-esensial yang dalam kondisi tertentu bisa memperkaya pertumbuhan tanaman dengan mendorong proses fisiologi. Hara tersebut disebut dengan hara fungsional (Savant et.al., 1999). Unsur hara pembangun (fakultatif) dianggap unsur yang tidak penting, tetapi merangsang pertumbuhan tanaman dan juga dapat menjadi unsur penting untuk beberapa spesies tanaman tertentu karena dapat menyebabkan kenaikan produksi.

Unsur-unsur yang termasuk menguntungkan bagi tanaman adalah Natrium (Na), Cobalt (Co), Chlor (Cl), dan Silikon (Si). Silikon bukan merupakan unsur yang penting (esensial) bagi tanaman. Tetapi hampir semua tanaman mengandung Si, dalam kadar yang berbeda-beda . Walaupun tidak termasuk hara tanaman, Si dapat menaikkan produksi , karena Si mampu memperbaiki sifat fisik tanaman dan berpengaruh terhadap kelarutan P dalam tanah. Tidak ada unsur hara lain yang dianggap non esensial hadir dalam jumlah yang secara konsisten banyak pada tanaman.

Tanaman jagung misalnya, kadar Si 20,6 % yang melebihi unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S). Apabila kadar Si dalam tanaman ini kurang dari 5% maka batang tanaman jagung tidak kuat dan mudah roboh tertiuip angin. Robohnya tanaman menyebabkan turunnya produksi, dengan demikian pemupukan Si dianggap dapat menaikkan produksi tanaman (Roesmarkam dan Yuwono, 2002).

Berdasarkan penelitian terdahulu menyebutkan bahwa dalam limbah sekam padi memiliki kandungan silika yang cukup tinggi, sehingga memungkinkan untuk melakukan isolasi silika pada limbah sekam padi. Penelitian ini menggunakan metode leaching dengan mencari kondisi terbaik proses yaitu konsentrasi larutan HCl dan suhu pembakaran. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh kandungan sekam padi 95,14 % dengan suhu pembakaran 900⁰C dan konsentrasi larutan HCl 3N (Syarifadin, 1998).

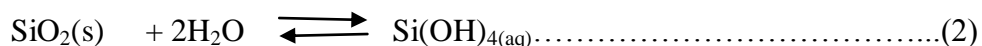
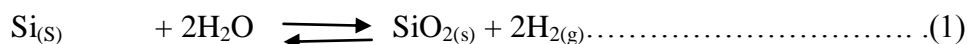
Penelitian tentang isolasi silika tidak hanya dari sekam padi, tetapi ada juga yang berbahan baku dari sabut kelapa sawit dan jerami padi. Metode yang digunakan pada penelitian isolasi silika dari sabut kelapa sawit dan jerami padi ini sama seperti proses isolasi silika dari sekam padi. Kandungan silika tertinggi pada sabut kelapa sawit setelah proses leaching dan pembakaran yaitu 76,9% pada suhu 750⁰C dan konsentrasi larutan HCl 2N (Rachmaniah, 2005). Sedangkan untuk kandungan silika pada jerami yaitu 92,4% pada suhu 600⁰C dan konsentrasi HCl 3N (Harwindawati, 2007).

Silika (SiO₂) merupakan unsur kedua terbanyak setelah oksigen (O) dalam kerak bumi dan Silika juga terdapat dalam tanaman dalam jumlah yang

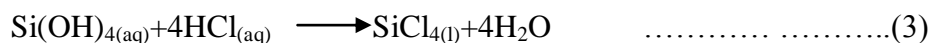
banyak . Bentuk dari unsur Silika tanaman yang banyak dijumpai yaitu bentuk kuarsa atau kristal silikon (Buol et.al., 1980). Pada umumnya tanaman mengandung 5-40 % Si. Dalam setiap kilogram tanah liat terkandung sekitar 200-320 g Si, sementara dalam tanah berpasir terdapat antara 450-480 g Si. Silika yang terdapat dalam tanaman ini juga mengandung oksida logam yang lebih sedikit dari pada Silika yang terdapat dalam pasir atau bebatuan, sehingga pemanfaatan silika pada tanaman ini lebih diaplikasikan pada industri makanan atau industri kosmetik.

Silika merupakan unsur yang inert (sangat tidak larut) sehingga selama ini Silika dianggap tidak memiliki arti penting bagi proses-proses biokimia dan kimia. Karena jumlahnya yang melimpah dalam tanah. Peran Silika sering kali tidak terlalu diperhatikan atau bahkan tidak teramati (Jones, 2000).

Silika adalah suatu anhidrat dari asam silica. Silika sedikit larut dalam air untuk membentuk silika acid. Reaksinya adalah sebagai berikut :

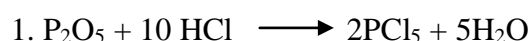


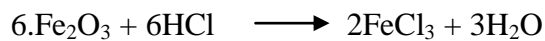
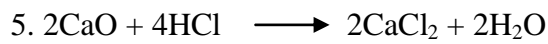
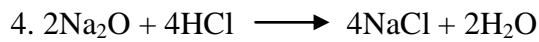
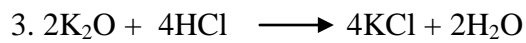
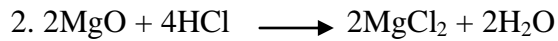
Kelarutan dari silica dioksida dalam air sangat kecil dan dapat naik pada tekanan dan temperature yang tinggi. Sedangkan konsetrasi larutan asam silica yang tinggi dapat diperoleh dengan reaksi sebagai berikut :



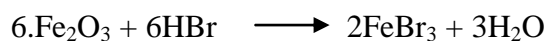
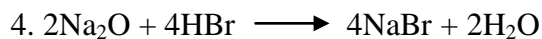
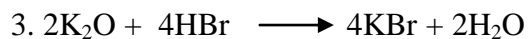
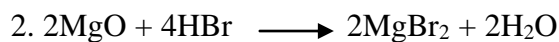
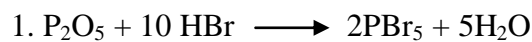
untuk impuritiesnya akan larut dalam solvent dengan reaksi sebagai berikut :

A. Solvent HCl





B. Solvent HBr



Silika banyak digunakan di industri karena sifat dan morfologinya yang unik, meliputi antara lain : luas permukaan dan volume porinya yang besar, dan kemampuan untuk menyerap berbagai zat seperti air, oli serta bahan radioaktif. Pada umumnya silika bisa bersifat hidrofobik ataupun hidrofilik sesuai dengan struktur dan morfologinya (Bagus dan Budi, 2006).

Silika berbentuk serbuk padat berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa, tidak larut dalam air maupun asam kecuali asam fluoride. Silika mempunyai titik lebur/cair yang cukup tinggi yaitu sebesar 1.710°C dengan titik didih 2.230°C. Silika dapat digunakan dalam industri barang-barang dari

karet (sepatu olah raga, ban dll), pestisida (insektisida), bahan baku atau bahan tambahan dalam industri kosmetik, makanan maupun minuman, industri keramik dan penyaring air. Dalam bentuk amorph silika ini berfungsi sebagai silika gel (Hernawati dan Indarto, 2010)

II.1.3 Asam Klorida

Asam klorida adalah larutan akuatik yang terbentuk dari gas hidrogen klorida (HCl). Asam klorida ini berfungsi sebagai pelarut pada proses pencucian (leaching). Asam klorida selain sebagai pelarut untuk unsur kimia anorganik juga dapat digunakan untuk pelarut organik, misalnya untuk melarutkan sebagian unsur-unsur yang ada dalam suatu tanaman. Hal ini disebabkan karena HCl dapat menghilangkan oksida-oksida logam dan non logam yang masih ada dalam tanaman. Tongkol jagung mempunyai kandungan oksida-oksida logam maupun non logam. Kandungan oksida-oksida logam pada tongkol jagung yaitu P_2O_5 , K_2O , MgO , Na_2O , CaO , dan Fe_2O_3 , sedangkan kandungan non logamnya yaitu salah satunya silika (Harsono, 2002). Asam klorida yang diberikan akan mengikat oksida logam menjadi kloridanya dan oksida non logam kecuali silika diubah menjadi asamnya.

II.1.4. Asam Bromida

Sifat –sifat Asam bromide sama seperti sifat asam klorida. Asam bromida juga dapat berfungsi sebagai pelarut pada proses leaching. Asam bromide ini merupakan pelarut organik, oleh karena itu dapat digunakan untuk melarutkan impurities pada silika yang terkandung dalam tanaman. Kelebihan dari asam

bromide dengan HCl ini yaitu dapat melarutkan oksida logam maupun non logam yang terdapat pada suatu unsur yang akan dimurnikan.

sedangkan asam klorida dapat melarutkan oksida non logam tetapi sedikit melarutkan oksida logam.

II.2. Landasan teori

Leaching merupakan suatu proses dimana terjadinya pemisahan satu atau lebih komponen yang bercampur dengan fase padat / solid dengan menggunakan pelarut. Metode yang digunakan untuk proses Leaching ditentukan oleh jumlah konstituen yang akan dilarutkan, distribusi konstituen di dalam solid, sifat solid, dan ukuran partikelnya. Bila konstituen tersebar merata dalam solid, maka yang ada di permukaan akan larut ke dalam solvent terlebih dahulu, akibatnya sisa solid akan berpori-pori. Selanjutnya pelarut harus menembus lapisan larutan permukaan solid untuk mencapai konstituen yang ada di bawahnya, akibatnya kecepatan ekstraksi akan menurun karena sulitnya lapisan tersebut ditembus. Tetapi bila konstituen yang dilarutkan merupakan sebagian besar dari solid, maka solid yang berpori-pori akan pecah menjadi solid halus dan tidak akan menghalangi perembesan pelarut kedalam lapisan yang lebih dalam (Geankoplis, 1983). Dalam mempersiapkan bahan untuk diekstrak sangat tergantung pada faktor-faktor berikut ini :

i. Ukuran Partikel

Semakin kecil ukuran partikel semakin luas permukaan yang memungkinkan kontak antara partikel dengan larutan sehingga kecepatan reaksi meningkat.

ii. Jenis Solvent

Dalam pemilihan solvent dengan cara melihat kemampuan daya masuknya solvent terhadap komponen yang akan dipisahkan, sedangkan syarat solvent adalah tidak bereaksi secara kimia terhadap komponen tersebut.

iii. Temperatur

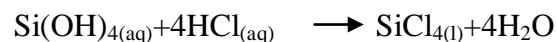
Kecepatan reaksi meningkat (berbanding lurus) dengan kenaikan temperatur, tetapi harus diperhatikan bahwa pada suhu tertentu bahan yang akan dipisahkan juga dapat rusak.

iv. Pengadukan

Secara umum pengadukan bertujuan untuk mendistribusikan suhu agar merata dan mempercepat kontak solute dengan solvent. Selain itu pengadukan juga berfungsi untuk mengurangi pengendapan.

II.2.1 Mekanisme proses leaching

Mekanisme proses leaching ini dimulai dari perpindahan solven dari larutan ke permukaan solid (adsorpsi) diikuti dengan difusi solven ke dalam solid dan pelarut solut oleh solven, kemudian difusi ikatan solut-solven ke permukaan solid, dan desorpsi campuran solut-solven dari permukaan solid ke dalam badan pelarut. Reaksi yang terjadi saat leaching yaitu sebagai berikut :



Umumnya perpindahan solven ke permukaan terjadi sangat cepat dimana berlangsung pada saat terjadi kontak antara solid dan solvent, sehingga kecepatan difusi campuran solut-solven ke permukaan solid merupakan tahapan yang mengontrol keseluruhan proses leaching (Treyball, 1980).



II.3 Hipotesis

Pemurnian silika dari tongkol jagung dapat dilakukan melalui proses leaching dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya yaitu : jenis solven antara asam klorida dan asam bromida, ukuran partikel, temperatur dan pengadukan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Bahan yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan bahan baku tongkol jagung yang berasal dari desa menganti kabupaten gresik. Sedangkan untuk larutan HCl dan HBr dibeli dari toko “BERKAT KIMIA” di Jl.Tidar-Surabaya.

III.2 Alat yang Digunakan

Alat utama yang digunakan yaitu Furnace elektrik . Sedangkan untuk alat penunjangnya yaitu beaker glass, labu ukur, kertas saring ,corong , floccumatic, timbangan dan bejana.

III.3 Kondisi yang diharapkan dan variabel

Penelitian ini dilakukan pada kondisi yang ditetapkan yaitu berat bahan baku sebesar 35 gr , waktu pengadukan selama 10 menit dengan 100 rpm, dan volume pelarut 250 ml. Bahan baku yang dimasukkan dalam furnace elektrik dengan variasi suhu 650°C dan proses pengasaman dengan konsentrasi HCl (N) : 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 dan HBr (N) : 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5

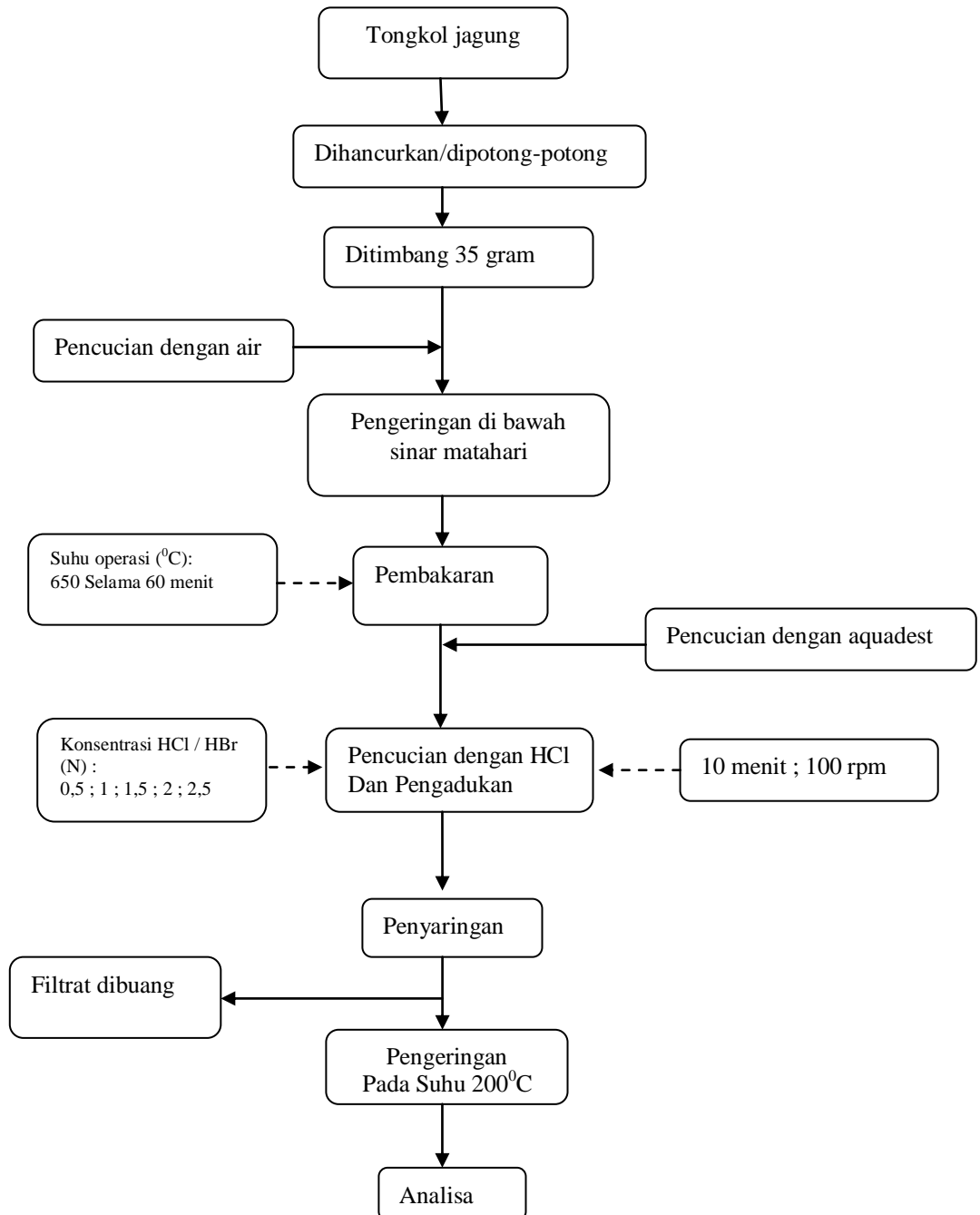
III.4 Prosedur Penelitian

Mula-mula tongkol jagung dihancurkan kemudian ditimbang sebesar 35 gr, dan setelah itu dilakukan pencucian dengan menggunakan air. Selanjutnya tongkol jagung tersebut dikeringkan dibawah sinar matahari untuk mengurangi kandungan airnya. Setelah proses pengeringan, tongkol jagung dilakukan tahap pembakaran dengan menggunakan tungku (furnace) pada rentang suhu operasi



650⁰C selama 1 jam. Setelah proses pembakaran, proses selanjutnya yaitu pencucian abu tongkol jagung dengan larutan HCl dan juga larutan HBr pada rentang konsentrasi (0,5-2,5 N) dan diaduk selama 10 menit 100rpm . Kemudian dilakukan pencucian dengan aquadest hingga bersih dari HCl atau HBr yang ditandai dengan perubahan warna larutan. Proses berikutnya adalah penyaringan dengan kertas saring untuk mendapatkan endapan silika. Endapan silika yang diperoleh di keringkan dalam oven . Kemudian kadar silika di analisa.

III.5 Skema Isolasi silika dari tongkol jagung .



Gambar blok diagram pemurnian silika dengan pelarut HCl

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Analisa Bahan Baku

Berdasarkan bahan baku yang diperoleh dari kabupaten gresik, di dapatkan sebagai berikut :

Tabel IV.1.1 : Kandungan tongkol jagung

Sampel	Parameter	Hasil Uji (%)
Tongkol jagung	SiO ₂	20,6
	Air	10
	Selulosa	36,48
	Hemiselulosa	28,86
	Lignin	3,16

Tabel IV.1.2 : Kandungan tongkol jagung setelah di furnice dan leaching

Senyawa	Kadar (%)
Silika	74,56
P ₂ O ₅	4,94
CaO	3,83
MgO	4,88
K ₂ O	3,97
Na ₂ O	4,24
Fe ₂ O ₃	3,58

(Pra Lab dari data laboratrium Sucofindo)

IV.2 Hasil proses produksi silika dari tongkol jagung

Tongkol jagung mula-mula mengalami proses pembakaran dalam furnace pada suhu pembakaran Kemudian dilanjutkan proses leaching dengan berbagai variasi konsentrasi HCl dan HBr.

Hasil analisa kadar silika dan impuritisnya tercantum dalam tabel IV.2.1 dan IV.2.2.

Tabel IV.2.1 Kualitas Silika dengan menggunakan pelarut Asam Klorida (HCl)

Berat mula-mula abu setelah proses pembakaran = 3 gram

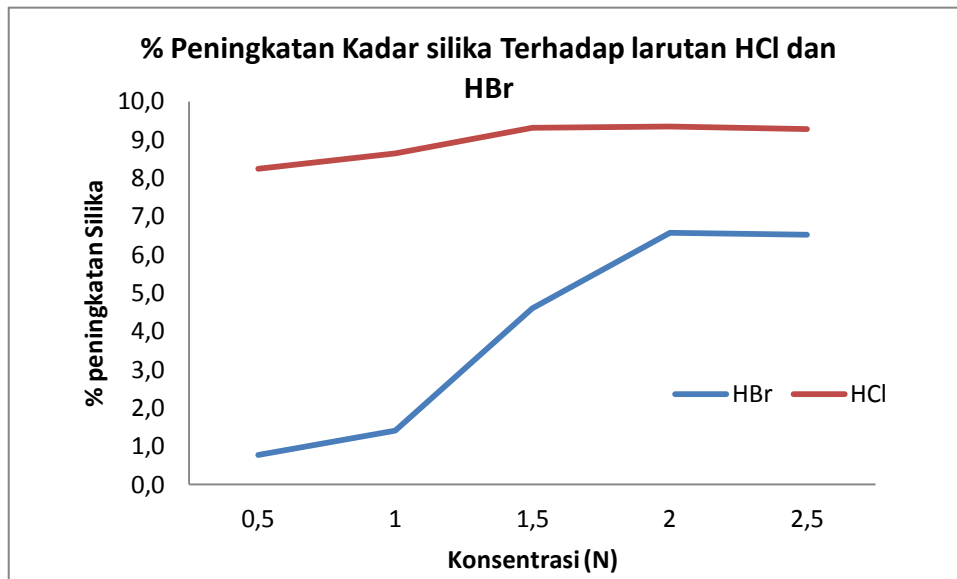
Solvent (HCl)	Berat abu setelah proses leaching (gram)	Parameter	Kadar(%)
0.5 N	2.961	Silika dioksida (SiO_2)	75.14
		Difosfor Pentaoksida (P_2O_5)	4.98
		Kalium Oksida (K_2O)	4.94
		Calsium Oksida (CaO)	4.34
1 N	2.947	Silika dioksida (SiO_2)	75.62
		Difosfor Pentaoksida (P_2O_5)	4.97
		Kalium Oksida (K_2O)	4.92
		Calsium Oksida (CaO)	4.31
1.5 N	2.937	Silika dioksida (SiO_2)	78.15
		Difosfor Pentaoksida (P_2O_5)	4.96
		Kalium Oksida (K_2O)	4.9
		Calsium Oksida (CaO)	4.28
2 N	2.921	Silika dioksida (SiO_2)	79.8
		Difosfor Pentaoksida (P_2O_5)	4.92
		Kalium Oksida (K_2O)	4.8
		Calsium Oksida (CaO)	4.2
2.5 N	2.922	Silika dioksida (SiO_2)	79.76
		Difosfor Pentaoksida (P_2O_5)	4.93
		Kalium Oksida (K_2O)	4.82
		Calsium Oksida (CaO)	4.21

Tabel IV.2.2 Kualitas Silika dengan menggunakan pelarut Asam Bromida (HBr)

Berat mula-mula abu setelah proses pembakaran = 3 gram

Solvent (HBr)	Berat abu setelah proses leaching (gram)	Parameter	Kadar(%)
0.5 N	2.863	Silika dioksida (SiO ₂)	85.14
		Difosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	4.8
		Kalium Oksida (K ₂ O)	4.77
		Calsium Oksida (CaO)	4.02
1 N	2.818	Silika dioksida (SiO ₂)	85.52
		Difosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	4.77
		Kalium Oksida (K ₂ O)	4.68
		Calsium Oksida (CaO)	3.98
1.5 N	2.718	Silika dioksida (SiO ₂)	86.15
		Difosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	4.74
		Kalium Oksida (K ₂ O)	4.56
		Calsium Oksida (CaO)	3.77
2 N	2.711	Silika dioksida (SiO ₂)	86.18
		Difosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	4.73
		Kalium Oksida (K ₂ O)	4.54
		Calsium Oksida (CaO)	3.73
2.5 N	2.713	Silika dioksida (SiO ₂)	86.12
		Difosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	4.75
		Kalium Oksida (K ₂ O)	4.57
		Calsium Oksida (CaO)	3.8

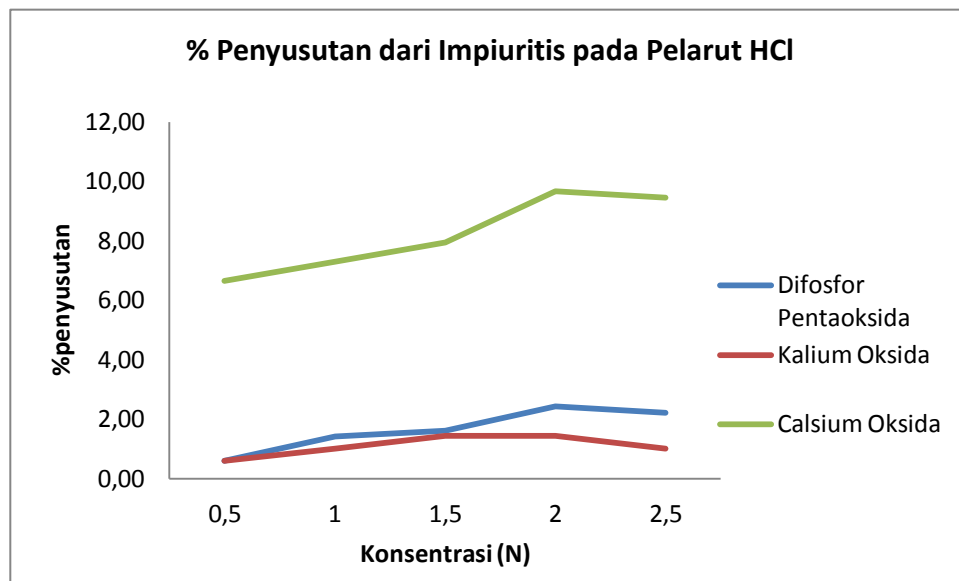
(Laboratorium Sucofindo)



Gambar IV.3.1. % Peningkatan Kadar Silika Terhadap HCl dan HBr pada rentang konsentrasi 0,5N - 2,5N pada suhu 650⁰C dengan volume pelarut 250 ml.

Pembahasan :

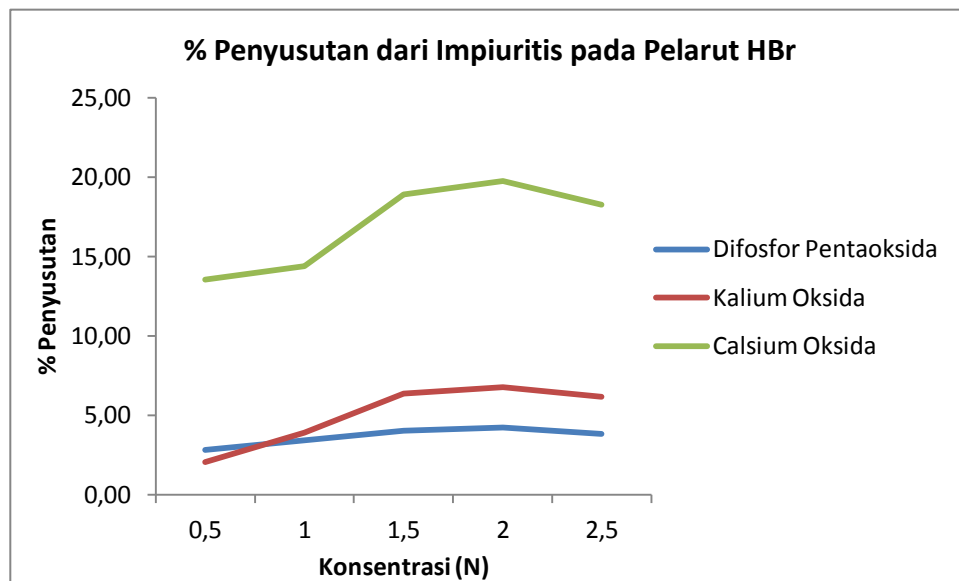
Untuk mengetahui kecenderungan adanya peningkatan kadar silika setelah proses leaching dengan variasi konsentrasi masing-masing pelarut dapat dilihat pada gambar IV.3.1. Pada gambar tersebut diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl dan HBr maka semakin tinggi pula persentase peningkatan kadar silika. Hal ini Disebabkan semakin banyak kadar Impuritis P_2O_5 , K_2O , dan CaO yang larut dalam solven. Pada waktu tertentu peningkatan kadar silika ini konstan, hal ini membuktikan pada konsentrasi 2 N pelarut akan bereaksi sempurna .Pada pelarut HCl 2 N diperoleh Persentase peningkatan tertinggi yaitu 6,6 % . Sedangkan untuk Pelarut HBr Persentase peningkatan tertingginya mencapai 9,3% .



Gambar IV.3.2. %Penyusutan dari Impuritis pada pelarut HCl pada rentang konsentrasi 0,5N - 2,5N pada suhu 650⁰C dengan volume pelarut 250 ml.

Pembahasan :

Impuritis yang terdapat dalam abu silika tongkol jagung ini senantiasa mengalami penyusutan seiring dengan peningkatan kadar silika pada variabel konsentrasi masing-masing larutan (gambar IV.3.2). Diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl maka semakin tinggi pula persentase penyusutan dari impuritis. Hal ini Disebabkan semakin banyak kadar Impuritis P_2O_5 , K_2O , dan CaO yang larut dalam solven. Pada waktu tertentu penyusutan dari impuritis ini konstan, hal ini membuktikan pada konsentrasi 2 N pelarut akan bereaksi sempurna .Pada pelarut HCl diperoleh % penyusutan tertinggi pada senyawa Difosfor Pentaoksida yaitu 2,43 % , % penyusutan tertinggi pada senyawa Kalium Oksida yaitu 1,44% penyusutan tertinggi pada senyawa Kalsium Oksida yaitu 9,68 % .

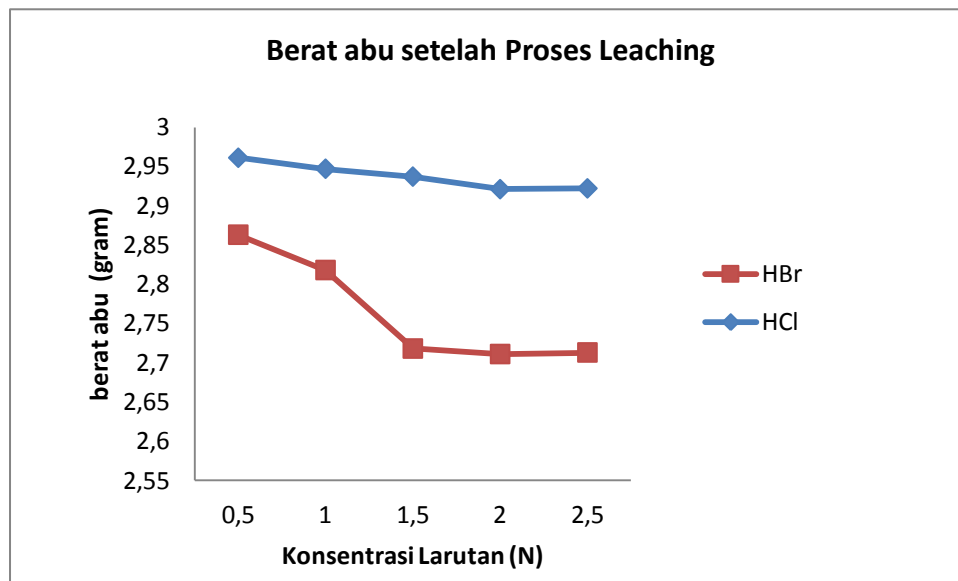


Gambar IV.3.3. % Penyusutan dari Impiuritis pada pelarut HBr pada rentang konsentrasi 0,5N - 2,5N pada suhu 650⁰C dengan volume pelarut 250 ml.

Pembahasan :

Kecenderungan adanya penyusutan pada impiuritis ini selain adanya hubungan tentang peningkatan kadar silika juga dapat dipengaruhi faktor dari variabel konsentrasi masing-masing pelarut (gambar IV.3.3). Diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl maka semakin tinggi pula persentase penyusutan dari impiuritis. Hal ini Disebabkan semakin banyak kadar Impiuritis P_2O_5 , K_2O , dan CaO yang larut dalam solven. Pada waktu tertentu penyusutan dari impiuritis ini konstan, hal ini membuktikan pada konsentrasi 2 N pelarut akan bereaksi sempurna .Pada pelarut HCl diperoleh % penyusutan tertinggi pada senyawa Difosfor Pentaoksida yaitu 4,25 % , % penyusutan tertinggi pada senyawa Kalium Oksida yaitu 6,78% penyusutan tertinggi pada senyawa Kalsium Oksida yaitu 19,78 %

IV.3. Pengaruh Berat abu Setelah Proses Leaching



Gambar IV.3.4. Pengaruh Berat abu setelah Leaching pada konsentrasi pelarut HCl dan HBr pada Rentang 0,5 N – 2,5 N terhadap Kualitas Silika pada suhu 650⁰C dengan pelarut 250 ml.

Pembahasan :

Pada gambar IV.3.4 .Diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl dan HBr maka semakin rendah berat bahan setelah proses leaching. Hal ini Disebabkan semakin banyak kadar Impuritis P_2O_5 , K_2O , dan CaO yang larut dalam solven sehingga mempengaruhi berat bahan berat bahan (penyusutan). Penyusutan yang tajam ini ditunjukkan pada pelarut HBr. Hal ini menunjukkan bahwa pelarut HBr mampu melarutkan impuritis yang lebih banyak daripada pelarut HCl.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

VI. 1 Kesimpulan

1. Isolasi silika dari tongkol jagung dapat dilakukan dengan proses pembakaran pada furnace dan leaching dengan menggunakan perbandingan solven antara HCl dan HBr.
2. Konsentrasi Awal silika pada tngkol jagung yaitu 20,6% dan setelah mengalami proses pembakaran dalam furnace dan proses leaching kadar silika ada tongkol jagung meningkat sebesar lebih dari 74%.
3. Kondisi terbaik untuk solvent HCl yaitu pada konsentrasi 2 N dengan kadar silika yaitu 79,80 % . Sedangkan untuk solvent HBr yaitu pada konsentrasi 2 N dengan kadar silika yaitu 86,18%.
4. Persentase peningkatan kadar silika tertinggi yaitu pada pelarut HBr dengan kondisi konsentrasi 2 N , volume larutan 250 ml dan suhu pembakaran pada furnace 650⁰C mencapai 9,3 %. Sedangkan Kadar impiuritis yang paling banyak penyusutannya yaitu berurutan mulai CaO, P₂O₅, dan K₂O masing-masing 9,68%, 2,43% dan 1,44 % untuk pelarut HCl. Sedangkan untuk pelarut HBr Kadar impiuritis yang paling banyak penyusutannya yaitu berurutan mulai CaO, K₂O, dan P₂O₅ masing-masing dan 19,78%, 6,78%, dan 4,25%.



VI. 2 Saran

Diharapkan dalam penelitian selanjutnya perubahan variabel yang dijalankan lebih variatif dengan mengkaji suhu terhadap reaksi kimia pada isolasi silika dari tongkol jagung.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustin , 1995 , “ *Fermentasi Tongkol Jagung Sebagai Alternatif Pakan Ternak* “, Warta Pengkajian dan Pengembangan Pertanian , Vol.28, Kalimantan Selatan.
- Bagus dan Budi , 2006 ,“ *Isolasi Silika Dari Buangan Limbah Padat Industri Pusat Listrik Panas Bumi* “,Skripsi UPN Veteran Jatim ,Surabaya.
- Buol et.al, 1980,” *Food Comotition and Analysis*”,p.122-123,AVI Publishing,New York.
- Chemicool, 2012, “*Crystal in Gel and Liesegang Rings*”. Cambridge University Press. Cambrige.
- Considen , D.M,1982, “ *Food and Food Production Encyclopedia* “, p.1114, Van Nonstrand Reinhold, Co New York.
- Geankoplis,C.J,1978,”*Transport Process and Unit Operations*”,Second Edition,Allyn and Bacon Inc, Boston.
- Harsono,Heru,2002,”*Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi*”,Skripsi FMIPA Universitas Brawijaya,Malang.
- Harwindawati,2007,”*Isolasi Silika dari Jerami Padi* “, Skripsi FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bandung.
- Hernawati dan Indarto, 2010,” *Budi Daya Jagung Hibrida*”,p .9-11,Yogyakarta.
- Jones, 2000, “*Assessment of Gel Metasilikat production options for com products*”. *Bioresource Technology* 58, 253-264.



- Koswara, 1991, ” ***Penentuan analisa Kolorimetetri daerah tampak***”, Departemen Perindustrian Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, BPPI, Jawa Timur.
- Perry, R.H., 1999, ” ***Chemical Engineering Handbook***”, 7th Edition, Mc-Graw-Hill Book, Kogakusha, Ltd, Tokyo.
- Puspaningsih, 2007, “ ***Dampak-dampak Dari Pembakaran Limbah Pertanian***“, Institut Pertanian Bogor, Bandung.
- Rachmaniah, 2005, ” ***Isolasi Silika dari Sabut Kelapa Sawit***”, ITB, Bandung
- Roesmarkam dan Yuwono, 2001, ” ***Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian***”, Pustaka Buana, Bandung.
- Savant et.al, 1999, ” ***The Condensed Chemical Dictionary***”, Edisi 5, Reinhold Publishing Corporations, New York.
- Syarifadin, 1998, ” ***Isolasi Silika dari Abu Sekam Padi***”, ITS Surabaya, Jawa Timur.
- Treyball, R.E., (1980) , “ ***Mass Transfer Operations***”, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Yuliarto, Brian. 2011. ***Solar Cell Sumber Energi Terbarukan Masa Depan.***
<http://www.berita-iptek.com/index.php?option...id>. Diakses tanggal 10 Desember 2010



APPENDIX

1. Perhitungan Kebutuhan Pelarut HCl dan HBr

3 gram abu tongkol jagung sebelum proses leaching

$$\text{SiO}_2 = 74,56\% \times 3 \text{ gram} = 2,2368 \text{ gram}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 4,94\% \times 3 \text{ gram} = 0,1482 \text{ gram}$$

$$\text{MgO} = 3,83\% \times 3 \text{ gram} = 0,1149 \text{ gram}$$

$$\text{K}_2\text{O} = 4,88\% \times 3 \text{ gram} = 0,1464 \text{ gram}$$

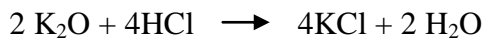
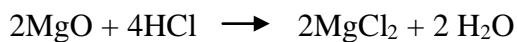
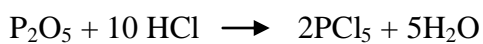
$$\text{Na}_2\text{O} = 3,97\% \times 3 \text{ gram} = 0,1191 \text{ gram}$$

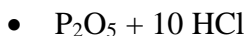
$$\text{CaO} = 4,24\% \times 3 \text{ gram} = 0,1272 \text{ gram}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3,58\% \times 3 \text{ gram} = 0,1074 \text{ gram} \quad +$$

$$3 \text{ gram}$$

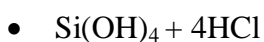
Perhitungan konsentrasi HCl





$$\text{mol } P_2O_5 = \frac{0,1482 \text{ gram}}{141,94 \text{ gram/mol}} = 0,001044 \text{ mol}$$

$$\text{mol } HCl = 10 \times 0,001044 = 0,01044 \text{ mol}$$



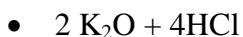
$$\text{mol } Si(OH)_4 = \frac{2,2368 \text{ gram}}{96,09 \text{ gram/mol}} = 0,1245 \text{ mol}$$

$$\text{mol } HCl = 4 \times 0,0245 = 0,098 \text{ mol}$$



$$\text{mol } MgO = \frac{0,1149 \text{ gram}}{40,31 \text{ gram/mol}} = 0,00211 \text{ mol}$$

$$\text{mol } HCl = \frac{4}{2} \times 0,00211 = 0,00421 \text{ mol}$$



$$\text{mol } K_2O = \frac{0,1464 \text{ gram}}{94,2 \text{ gram/mol}} = 0,00155 \text{ mol}$$

$$\text{mol } HCl = \frac{4}{2} \times 0,00155 = 0,00311 \text{ mol}$$



$$\text{mol } Na_2O = \frac{0,1191 \text{ gram}}{61,98 \text{ gram/mol}} = 0,00144 \text{ mol}$$

$$\text{mol } HCl = \frac{4}{2} \times 0,00144 = 0,00288 \text{ mol}$$



$$\text{mol } CaO = \frac{0,1272 \text{ gram}}{56,08 \text{ gram/mol}} = 0,00227 \text{ mol}$$

$$\text{mol } HCl = \frac{4}{2} \times 0,00227 = 0,00454 \text{ mol}$$



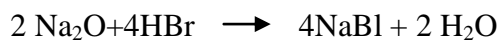
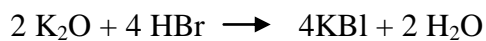
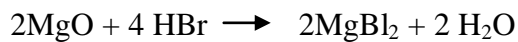
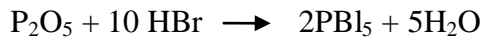
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl}$

$$\text{mol Fe}_2\text{O}_3 = \frac{0,1074 \text{ gram}}{159,7 \text{ gram/mol}} = 0,00227 \text{ mol}$$

$$\text{mol HCl} = 6 \times 0,00292 = 0,00175 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{total kebutuhan HCl} &= 0,098 + 0,00421 + 0,00311 + 0,00288 + 0,00454 + 0,00175 \\ &= 0,11449 \text{ gram/ lt} \end{aligned}$$

Perhitungan konsentrasi HBr



- $\text{P}_2\text{O}_5 + 10 \text{ HBr}$

$$\text{mol P}_2\text{O}_5 = \frac{0,1482 \text{ gram}}{141,94 \text{ gram/mol}} = 0,001044 \text{ mol}$$

$$\text{mol HBr} = 10 \times 0,001044 = 0,01044 \text{ mol}$$

- $\text{Si(OH)}_4 + 4 \text{ HBr}$

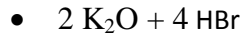
$$\text{mol Si(OH)}_4 = \frac{2,2368 \text{ gram}}{96,09 \text{ gram/mol}} = 0,1245 \text{ mol}$$

$$\text{mol HBr} = 4 \times 0,0245 = 0,098 \text{ mol}$$



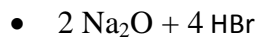
$$\text{mol MgO} = \frac{0,1149 \text{ gram}}{40,31 \text{ gram/mol}} = 0,00211 \text{ mol}$$

$$\text{mol H HBr} = \frac{4}{2} \times 0,00211 = 0,00421 \text{ mol}$$



$$\text{mol K}_2\text{O} = \frac{0,1464 \text{ gram}}{94,2 \text{ gram/mol}} = 0,00155 \text{ mol}$$

$$\text{mol HBr} = \frac{4}{2} \times 0,00155 = 0,00311 \text{ mol}$$



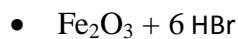
$$\text{mol Na}_2\text{O} = \frac{0,1191 \text{ gram}}{61,98 \text{ gram/mol}} = 0,00144 \text{ mol}$$

$$\text{mol HBr} = \frac{4}{2} \times 0,00144 = 0,00288 \text{ mol}$$



$$\text{mol CaO} = \frac{0,1272 \text{ gram}}{56,08 \text{ gram/mol}} = 0,00227 \text{ mol}$$

$$\text{mol HBr} = \frac{4}{2} \times 0,00227 = 0,00454 \text{ mol}$$



$$\text{mol Fe}_2\text{O}_3 = \frac{0,1074 \text{ gram}}{159,7 \text{ gram/mol}} = 0,00067 \text{ mol}$$

$$\text{mol HBr} = 6 \times 0,00067 = 0,00402 \text{ mol}$$

$$\text{total kebutuhan HBr} = 0,11449 \times 81$$

$$= 9,3 \text{ gram}$$

$$N = \frac{9,3 \text{ gram}}{81 \times 0,25} = 0,457 \text{ N}$$

2. Perhitungan Persentase Peningkatan Kadar Silika dan Penyusutan

Impiuritis setelah Proses Leaching

- **Persentase Peningkatan Silika Pada Abu Tongkol Jagung Setelah Proses Leaching**

Kadar Silika awal untuk konsentrasi 0.5 N

=74,56 % x berat abu yang ditentukan = 74,56 % x 3 gram = 2,23680 gram.

Setelah proses leaching kadar silika menjadi:

HCl= 75,14 % x berat abu setelah leaching = 75,14% x 2,961 gram =2,2542 gram

HBr=85,14% x berat abu setelah leaching= 85,14% x 2,863 gram=2,4376 gram

Perhitungan Persentase Peningkatan Silika setelah leaching :

Untuk HCl:

$$\frac{BERAT\ AKHIR - BERAT\ AWAL}{BERAT\ AKHIR} \times 100\% = \frac{2,2542 - 2,23680}{2,2542} \times 100\% = 0,8\%$$

Untuk HBr:

$$\frac{BERAT\ AKHIR - BERAT\ AWAL}{BERAT\ AKHIR} \times 100\% = \frac{2,4376 - 2,23680}{2,4376} \times 100\% = 8,2\%$$

Untuk selanjutnya dimuat dalam tabel untuk konsentrasi lainnya.

konsentrasi (N)	kadar silika (%) awal	kadar silika (%)akhir		gram awal	gram akhir HCL	gram akhir HBR	% peningkatan HCL	% peningkatan HBr
		HCl	HBr					
0,5	74,56	75,14	85,14	2,23680	2,2542	2,4376	0,8	8,2
1	74,56	75,62	85,52	2,23680	2,2686	2,4484	1,4	8,6
1,5	74,56	78,15	86,15	2,23680	2,3445	2,4665	4,6	9,3
2	74,56	79,80	86,18	2,23680	2,3940	2,4673	6,6	9,3
2,5	74,56	79,76	86,12	2,23680	2,3928	2,4656	6,5	9,3



- Persentase penyusutan dari impiuritis pada masing-masing larutan

Kadar awal impiuritis Difosfor Pentaoksida (P_2O_5) = 4,94% x berat abu yang ditentukan = 4,94 x 3 gram = 0,1482 gram.

Setelah Proses Leaching kadar Difosfor Pentaoksida (P_2O_5) menyusut sebesar :

Untuk HCl:

$$P_2O_5 = 4,91 \% \times 2,961 \text{ gram} = 0,1473 \text{ gram}$$

Untuk HBr :

$$P_2O_5 = 4,8 \% \times 2,863 \text{ gram} = 0,1440 \text{ gram}$$

Perhitungan Persentase penyusutan kadar Difosfor Pentaoksida (P_2O_5) setelah leaching :

Untuk HCl:

$$\frac{BERAT AWAL - BERAT AKHIR}{BERAT AWAL} \times 100\% = \frac{0,1482 - 0,1473}{0,1482} \times 100\% = 0,61 \%$$

Untuk HBr:

$$\frac{BERAT AWAL - BERAT AKHIR}{BERAT AWAL} \times 100\% = \frac{0,1482 - 0,1440}{0,1482} \times 100\% = 2,83 \%$$

Untuk selanjutnya dimuat dalam tabel untuk konsentrasi lainnya.



Konsentrasi HCl(N)	% awal		%akhir	gram awal	gram akhir	%penyusutan
0,5	P2O5	4,94	4,91	0,1482	0,1473	0,61
	K2O	4,87	4,84	0,1461	0,1452	0,62
	CaO	4,65	4,34	0,1395	0,1302	6,67
1	P2O5	4,94	4,87	0,1482	0,1461	1,42
	K2O	4,87	4,82	0,1461	0,1446	1,03
	CaO	4,65	4,31	0,1395	0,1293	7,31
1.5	P2O5	4,94	4,86	0,1482	0,1458	1,62
	K2O	4,87	4,8	0,1461	0,144	1,44
	CaO	4,65	4,28	0,1395	0,1284	7,96
2	P2O5	4,94	4,82	0,1482	0,1446	2,43
	K2O	4,87	4,8	0,1461	0,144	1,44
	CaO	4,65	4,2	0,1395	0,126	9,68
2,5	P2O5	4,94	4,83	0,1482	0,1449	2,23
	K2O	4,87	4,82	0,1461	0,1446	1,03
	CaO	4,65	4,21	0,1395	0,1263	9,46

Konsentrasi HBr(N)	% awal		%akhir	gram awal	gram akhir	%penyusutan
0,5	P2O5	4,94	4,8	0,1482	0,144	2,83
	K2O	4,87	4,77	0,1461	0,1431	2,05
	CaO	4,65	4,02	0,1395	0,1206	13,55
1	P2O5	4,94	4,77	0,1482	0,1431	3,44
	K2O	4,87	4,68	0,1461	0,1404	3,90
	CaO	4,65	3,98	0,1395	0,1194	14,41
1.5	P2O5	4,94	4,74	0,1482	0,1422	4,05
	K2O	4,87	4,56	0,1461	0,1368	6,37
	CaO	4,65	3,77	0,1395	0,1131	18,92
2	P2O5	4,94	4,73	0,1482	0,1419	4,25
	K2O	4,87	4,54	0,1461	0,1362	6,78
	CaO	4,65	3,73	0,1395	0,1119	19,78
2,5	P2O5	4,94	4,75	0,1482	0,1425	3,85
	K2O	4,87	4,57	0,1461	0,1371	6,16
	CaO	4,65	3,8	0,1395	0,114	18,28

